

# Programa de **Electromagnetismo Aplicado**



Código/s: E4

## Identificación y características de la Actividad Curricular

Carrera/s:	Ingeniería Eléctrica		
Plan de Estudios:	2014	Carácter:	Obligatoria
Bloque/Campo:	Tecnologías Básicas	Área:	Electrotecnia
Régimen de cursado:	Cuatrimestral		
Cuatrimestre:	5º [ETA]		
Carga horaria:	112 hs. / 7 hs. semanales	Formato curricular:	Asignatura
Escuela:	Ingeniería Eléctrica	Departamento:	Electrotecnia y Metrología
Docente responsable:	BELLAGAMBA, Susana		

## Programa Sintético

Campo Eléctrico Estacionario. Ecuaciones de Maxwell. Campo eléctrico y potencial. Descarga en aislantes. Métodos numéricos. Mapeo. Método de las imágenes. Coeficientes de potencial y capacidad. Aplicación a líneas aéreas. Energía y esfuerzos. Campo Magnético Estacionario. Campo creado por corrientes estacionarias. Potencial vectorial. Leyes de Biot y Ampere. Circuitos magnéticos. Coeficientes de inducción. Flujo concatenado. Aplicación a líneas. Energía y esfuerzos. Campo Electromagnético. Ley de Lenz. Resistencia. Corrientes parásitas. Puesta a tierra. Ecuaciones diferenciales del campo electromagnético. Potenciales electrodinámicos. Balance energético. Vector de Poynting. Vínculo entre la teoría de circuitos y la teoría electromagnética. Leyes de Kirchhoff generalizadas. Líneas de transmisión. Radiación. Campo próximo y remoto. Compatibilidad. Ondas Electromagnéticas. Propiedades de la propagación. Ecuaciones de Maxwell en forma compleja. Onda plana. Características. Atenuación. Impedancia característica. Profundidad de penetración. Efecto pelicular. Incidencia normal y oblicua. Aplicaciones.

## Asignaturas Relacionadas

Previas:	E3 - Análisis de Circuitos
Simultaneas Recomendadas:	E5 - Materiales Eléctricos, FB20 - Matemática Aplicada
Posteriores:	E9 - Máquinas Eléctricas I

## Vigencia desde 2016

\_\_\_\_\_  
Firma Profesor

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Firma Aprob. Escuela

\_\_\_\_\_  
Fecha

Con el aval del Consejo Asesor:

## Características generales

La Teoría Electromagnética es indispensable para explicar y comprender el principio de funcionamiento y las características de los dispositivos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos utilizados en ingeniería: Sistemas de conversión de la energía (máquinas y transformadores), cálculo de parámetros de líneas de transmisión, dispositivos eléctricos y electrónicos, microondas, etc.

En Electromagnetismo Aplicado se presentan en forma lógica y concisa, los principios y fundamentos necesarios para su posterior aplicación en la solución de problemas de Ingeniería dentro del bloque de las Tecnologías Aplicadas.

La importancia de todos los puntos del programa requiere generar un ambiente de aprendizaje orientado a desarrollar una serie de saberes que permitan la articulación tanto con las actividades curriculares simultáneas como con las posteriores.

En ese sentido, a partir del conocimiento de conceptos fundamentales y de la posterior resolución de situaciones problemáticas y experimentales, en las que se promueve el cuestionamiento, la discusión y el trabajo en grupos, se espera que los estudiantes desarrollen capacidades de comprensión de las leyes fundamentales del Electromagnetismo, de la fenomenología básica de la interacción electromagnética y el modelado de fenómenos electromagnéticos, trasladando un problema real al lenguaje matemático.

El enfoque disciplinar adoptado corresponde a un enfoque axiomático por pasos, tratándose en primer término el campo eléctrico estacionario, luego el campo magnético estacionario y por último el campo electromagnético en régimen variable.

Este desarrollo gradual del modelo electromagnético es sistemático, coherente y fácilmente aceptable para los estudiantes.

## Objetivos

Se proponen como objetivos de conocimiento que el alumno logre:

- Comprender las propiedades fundamentales de los campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos.
- Manejar métodos de cálculo de campos y estimar órdenes de magnitud.
- Calcular parámetros asociados a líneas de transmisión.
- Comprender el origen de los modelos empleados en la Teoría de Circuitos, el origen de las leyes que los rigen y sus límites de validez.
- Conocer el principio de funcionamiento de instrumentos y dispositivos eléctricos.
- Comprender el fundamento de algunas aplicaciones tecnológicas, relacionadas con líneas y antenas.
- Comprender la importancia de la evaluación de campos en el contexto de problemas de compatibilidad electromagnética.

En el plano de los procedimientos, se pretende que el alumno logre desarrollar:

- Capacidad de planificar estrategias de solución de problemas identificando datos, analizando información e integrando saberes.
- Capacidad de análisis y síntesis para integrar teoría y práctica.
- Capacidad para transmitir información en forma oral y escrita.
- Capacidad para analizar y discutir los fenómenos que existen detrás de las experiencias que se lleven a cabo.

En el plano actitudinal, se espera que el alumno logre:

- Asumir una postura responsable, involucrándose en forma activa, cooperando y participando.
- Reflexionar sobre su propia comprensión de los fenómenos, reconceptualizando sus propias construcciones cognitivas.
- Desarrollar habilidades para trabajar en forma autónoma y en equipo.

## Contenido Temático

### Unidad 1 ELECTROSTÁTICA

#### 1.1. SISTEMA DE ECUACIONES DE MAXWELL

1.1.1. Generalidades. Introducción. Clasificación de regímenes. Terminología sobre medios.

1.1.2. Ecuaciones de Maxwell. Presentación. Relaciones complementarias. Comentarios a cada una de las ecuaciones. El sistema de ecuaciones de Maxwell en régimen estacionario.

1.1.3. Ecuaciones de Laplace y Poisson

1.1.4. Teorema de Earnshaw

1.1.5. Condiciones de contorno en el campo eléctrico. Leyes. Casos particulares.

#### 1.2. CONDENSADORES. DESCARGA EN AISLANTES. MAPEO DE CAMPO

1.2.1. Capacidad. Cálculo de capacidades de distintas geometrías. Capacidad de una línea de transmisión bifilar.

1.2.2. Gradiente disruptivo. Tensiones de ruptura. Efecto corona

1.2.3. Líneas de Campo y equipotenciales. Cargas puntuales alineadas. Hilos paralelos cargados. Ecuación de las líneas de campo. Mapeo.

#### 1.3. SOLUCIÓN DE LAS ECUACIONES DE LAPLACE Y POISSON

1.3.1. Problemas de contorno en Electroestática. Problema de Dirichlet y de Von Neumann. Soluciones de los problemas de Dirichlet y Von Neumann. Enunciado del teorema de Helmholtz

1.3.2. Campo creado por una distribución de cargas

1.3.3. Distintos métodos de solución de la ecuación de Poisson

1.3.4. Método de las imágenes: Fundamento general. Cargas puntuales e hilos cargados frente a plano y diedro conductores. Análisis del modelo. Limitaciones del método. Diedros resolubles. Carga frente a esfera conductora. Análisis del modelo.

1.3.5. Métodos Numéricos: Fundamentos del método de las Diferencias Finitas y de los Elementos Finitos. Aplicación del Software COMSOL a la resolución de problemas de contorno.

#### 1.4. COEFICIENTES CARACTERÍSTICOS

1.4.1. Enunciado teorema de reciprocidad de Green.

1.4.2. Coeficientes de potencial y de capacidad. Sistema de ecuaciones. Notación matricial. Relaciones y Propiedades. Sistemas cerrados

1.4.3. Apantallamiento. Definición. Propiedades

1.4.4. Cálculo de campos y potenciales en líneas aéreas. Modelo. Cálculo de los coeficientes.

#### 1.5. ENERGÍA DEL CAMPO ELÉCTRICO Y ESFUERZOS

1.5.1. Energía del campo eléctrico: expresión en función de cargas y potenciales. Energía de un sistema de conductores. Expresión en función de los parámetros de Maxwell

1.5.2. Energía de campo y trabajo mecánico. Evoluciones a carga y a potencial constante.

1.5.3. Teorema de Thomson. Enunciado

1.5.4. Fuerzas mecánicas en un sistema de conductores. Fuerzas generalizadas. Energía y esfuerzos en función de los coeficientes característicos. Presión electrostática. Esfuerzos en la superficie de separación de dos medios dieléctricos. Estados de tensión de Maxwell. Aplicaciones.

### Unidad 2 CAMPO MAGNÉTICO

#### 2.1 GENERALIDADES

2.1.1 Magnetostática. Imantación.

#### 2.2 CAMPO MAGNÉTICO CREADO POR CORRIENTES ELÉCTRICAS EN RÉGIMEN ESTACIONARIO

2.2.1. Aspecto de las ecuaciones de Maxwell.

2.2.2. Potencial vectorial. Ecuación diferencial de  $A$ . Su solución. Condición de Coulomb

2.2.3. Primera ley de Laplace. Enunciado. Campo creado por sistemas filiformes. Ley de Biot.

2.2.4. Condiciones de contorno. Leyes. Casos particulares. Aplicaciones.

#### 2.3 LEY DE AMPERE-MAXWELL

2.3.1. Expresión. Comentarios sobre su utilidad.

2.3.2. Ejemplo con simetría. Conductor filiforme rectilíneo muy largo. Ejemplo sin simetría. Circuitos magnéticos. Fmm. Reluctancia.

## 2.4. COEFICIENTES DE INDUCCIÓN

2.4.1. Definiciones: coeficientes de inducción propia, mutua y aparente. Propiedades. Flujo total enlazado.

2.4.2. Formula de Von Neumann.

2.4.3. Expresión de L y M en función de la energía.

2.4.4. Flujo concatenado en un conductor macizo. Aplicaciones: Coeficiente de autoinducción de un conductor rectilíneo muy largo. Cálculo del L de una línea bifilar

2.4.5. Coeficiente de inducción aparente de un conjunto de conductores paralelos. Ejemplos

## 2.5. MÉTODO DE LAS DISTANCIAS MEDIAS GEOMÉTRICAS (DMG)

2.5.1. Introducción.

2.5.2. Distancia Media Geométrica a un punto. Ejemplos

2.5.3. Distancia Media Geométrica entre superficies. Primer lema.

2.5.4. Segundo lema y sus aplicaciones

2.5.5. Radio Medio Geométrico. Definición. Ejemplos.

2.5.6. Distancia Media Geométrica para superficies rectangulares

2.5.7. Aplicación del método de la Distancia Media Geométrica a cables armados

## 2.6 ENERGÍA DEL CAMPO MAGNÉTICO

2.6.1. Expresión en función de los parámetros integrales

2.6.2. Expresión en función de los parámetros locales generadores

2.6.3. Expresión en función de los parámetros locales de Maxwell

## 2.7. FUERZAS MECÁNICAS EN EL CAMPO MAGNÉTICO

2.7.1. Fuerzas entre conductores circulares por corrientes

2.7.2. Segunda ley de Laplace

2.7.3. Principio de funcionamiento de instrumentos de medición: Bobina móvil, Hierro móvil y Electrodinámico.

2.7.4. Esfuerzo en la superficie de separación de dos medios. Estados de tensión de Maxwell. Aplicación en instrumentos y máquinas.

## Unidad 3 CAMPO ELECTROMAGNÉTICO

### 3.1. FUERZA ELECTROMOTRIZ

3.1.1. Fuerza electromotriz (f.e.m.).Comentarios. Campo impreso.

3.1.2. Ley general de la inducción. Fem estática y dinámica. Casos críticos

### 3.2. RESISTENCIA ELÉCTRICA

3.2.1. Conductores y Aisladores. Corriente eléctrica. Ley de Ohm puntual.

3.2.2. Ley de Ohm en su forma integral. Conductancia

3.2.3. Ecuación de Laplace para medios conductores. Condiciones de borde entre dos medios conductores.

3.2.4. Relación entre Resistencia y Capacidad.

### 3.3. RIESGO ELÉCTRICO

3.3.1. Resistencia de puesta a tierra. Necesidad en entornos de producción y uso. Accidentes por choque eléctrico. Medidas preventivas. Tensión de paso y contacto. Descarga electrostática.

### 3.4 ECUACIONES DE MAXWELL EN RÉGIMEN VARIABLE

3.4.1. Corrientes de desplazamiento.

3.4.2. Reordenamiento volumétrico. Tiempo de relajación. Conductores y aisladores.

3.4.3. Ecuaciones de Maxwell en régimen variable. Su expresión para medios isótropos.

### 3.5 ECUACIONES DIFERENCIALES DE LOS VECTORES CARACTERÍSTICOS DEL CAMPO ELECTROMAGNÉTICO

3.5.1. Ecuaciones diferenciales de B,E,H,D y J

3.5.2. Ecuaciones de los telegrafistas. Ecuaciones de onda.

3.5.3. Ecuaciones diferenciales del potencial vectorial magnético y del potencial escalar eléctrico. Condición de Lorentz. Su aplicación en las ecuaciones diferenciales del campo electromagnético.

3.5.4. Potenciales electrodinámicos según Lorentz.

### 3.6 BALANCE ENERGÉTICO EN EL CAMPO ELECTROMAGNÉTICO

3.6.1. Introducción y objetivo

3.6.2. Balance energético a partir de las ecuaciones de Maxwell.

- 3.6.3. Ciclo de histéresis. Características de los materiales magnéticos
- 3.6.4. Vector de Poynting. Aplicaciones
- 3.7 MÉTODO SIMBÓLICO
- 3.7.1. Potenciales retardados en forma compleja.
- 3.7.2. Vector de Poynting complejo. Definición y propiedades
- 3.7.3. Balance energético en el campo complejo.
- 3.8 VÍNCULO ENTRE LA TEORÍA ELECTROMAGNÉTICA Y LA TEORÍA DE CIRCUITOS
- 3.8.1. Introducción. No simultaneidad entre causa y efecto.
- 3.8.2. Primera Ley de Kirchoff de la Teoría de Circuitos. Corrección según la teoría electromagnética
- 3.8.3. Líneas de transmisión: Concepto de parámetros distribuidos. Modelos para su introducción. Impedancia de una línea de transmisión.
- 3.8.4. Segunda Ley de Kirchoff de la Teoría de Circuitos. Corrección según la teoría electromagnética. Resistencia de radiación.
- 3.8.5. Incidencia del retardo temporal sobre el campo electromagnético: Campo próximo y remoto.

#### Unidad 4 ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

##### 4.1 GENERALIDADES

- 4.1.1. Introducción. Definiciones
- 4.1.2. Propiedades de las ondas viajeras y estacionarias
- 4.1.3. Condiciones de contorno en el campo electromagnético

##### 4.2. PROPAGACIÓN DEL CAMPO ELECTROMAGNÉTICO

- 4.2.1. Propiedades de la propagación del Campo Electromagnético en un Medio Continuo. Velocidad de propagación. Propagación de la energía

##### 4.3. ECUACIONES DEL CAMPO ELECTROMAGNÉTICO EN FORMA COMPLEJA

- 4.3.1. Forma compleja de las ecuaciones de Maxwell
- 4.3.2. Comportamiento eléctrico de los medios
- 4.3.3. Ecuaciones de Helmholtz

##### 4.4. ONDAS PLANAS

- 4.4.1. Definiciones. Expresiones generales. Polarización de ondas planas
- 4.4.2. Vector de Poynting de una onda plana
- 4.4.3. Ecuaciones de Helmholtz de una onda plana. Solución
- 4.4.4. Coeficiente de atenuación. Profundidad de penetración de una onda plana. Efecto Pelicular
- 4.4.5. Ondas planas en medios conductores y medios aislantes. Generalización de la expresión de una onda plana. Vector onda.
- 4.4.6. Vínculo entre los vectores E, H y k de una onda plana

##### 4.5. INCIDENCIA NORMAL DE UNA ONDA PLANA SOBRE UN PLANO DE DISCONTINUIDAD

- 4.5.1. Onda reflejada y onda transmitida.
- 4.5.2. Vector de Poynting a uno y otro lado del plano
- 4.5.3. Incidencia en medios de distintas características
- 4.5.4. Incidencia oblicua: generalidades

#### Unidad 5 COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

##### 5.1. CONCEPTOS BÁSICOS Y DEFINICIONES

- 5.1.1. Susceptibilidad electromagnética. Interferencia. Fuentes de interferencia. Interferencia radiada y conducida. Blindajes.

##### 5.1.2. Normativa

##### 5.2. EXPOSICIÓN A CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

- 5.2.1. Espectro de frecuencias. Radiaciones ionizantes y no ionizantes. Probables efectos sobre la salud humana. Metodología de la investigación y evaluación de riesgos. Principio de precaución.
- 5.2.2. Exposición a campos de muy baja frecuencia (industriales) y de alta frecuencia: Evaluación. Probables efectos sobre la salud. Valores límites. Normativa

## Modalidades de enseñanza-aprendizaje

La extensión del programa y la importancia de todos los puntos del mismo, condiciona a que deban desarrollarse las clases a través de sesiones académicas de tipo teórico-prácticas para conseguir un máximo aprovechamiento del tiempo. De estas clases, aproximadamente el treinta por ciento se destinan a teoría y el resto a resolución de problemas y experiencias de laboratorio.

La teoría y la práctica deben ser integradas, ya que si bien se privilegia el "hacer", en la búsqueda de caminos de solución para los problemas planteados se deben utilizar los conocimientos teóricos previamente adquiridos.

En las clases se propicia la participación activa de los alumnos a fin de que se puedan analizar y discutir en grupo los distintos fenómenos y la forma de abordaje de los temas presentados a través de situaciones problemáticas. Algunas clases de práctica se dan en la modalidad de aula taller, en las que los alumnos trabajan en forma individual o grupal, con el apoyo de los docentes presentes.

Riesgo eléctrico y Compatibilidad Electromagnética se desarrollan con medios multimediales, con presentaciones Powerpoint y videos relacionados.

Se prevee la realización de viajes a INTI y CITEFA, con visitas a distintos Laboratorios: Compatibilidad, Cámara anecoica y semi-anecoica, Corrosión, Alta Tensión, Antenas, etc.

## Actividades de Formación Práctica

Las actividades de formación práctica consisten fundamentalmente en la resolución de situaciones problemáticas y experiencias de laboratorio.

Nº	Título	Descripción
1	Cálculo de Campo Eléctrico y Potencial	Propuesta de situaciones problemáticas para el estudio del campo y el potencial eléctrico para distintas distribuciones de cargas
2	Capacidad y descarga en aislantes	Cálculo de la capacidad para distintas geometrías. Análisis de las tensiones máximas aplicables a capacitores. Efecto corona
3	Mapeo de campo	Resolución de problemas para la obtención de líneas de campo de cargas alineadas e hilos paralelos.
4	Método de las imágenes	Resolución de problemas de contorno en el campo electrostático para distintas configuraciones
5	Coefficientes característicos	Cálculo de coeficientes de potencial y capacidad. Aplicación a problemas de campo y potencial en líneas aéreas
6	Aplicación del método de elementos finitos a problemas de contorno	Trabajo Práctico N°1: Mapeo y simulación de líneas de campo eléctrico para hilos cargados Comparación de resultados Trabajo Práctico N°2: Modelado y simulación de una Línea de Transmisión Aérea
7	Energía y fuerzas mecánicas en el campo eléctrico	Propuesta de situaciones problemáticas para el estudio de la energía del campo electrostático. Cálculo de esfuerzos para distintos tipos de evolución.
8	Campo magnético creado por corrientes estacionarias	Análisis y resolución de problemas de cálculo de campo magnético para distintas distribuciones de corrientes. Aplicación : barra ómnibus Aplicación de las condiciones de contorno para distintos casos prácticos

9	Coeficientes de inducción L y M	Cálculo de los coeficientes de inducción propia y mutua para distintos sistemas. Introducción del concepto de tubo de flujo. Cálculo del coeficiente de autoinducción de conductores macizos. Cálculo de L de líneas. Aplicación del método de las Distancias Medias Geométricas.
10	Energía y esfuerzos en el campo magnético	Propuesta de situaciones problemáticas para el estudio de la energía del campo magnético. Cálculo de esfuerzos: análisis cualitativo de la cupla en instrumentos y máquinas.
11	Resistencia, Fem y dispositivos	Cálculo de la resistencia para distintas geometrías. Aplicación de la ley general de la inducción en problemas de variada complejidad. Evaluación de la dinámica de movimiento en dispositivos de distintas configuraciones físicas a través de problemas y experiencias de laboratorio.
12	Riesgo eléctrico y puesta a tierra.	Investigación y discusión sobre la importancia de la puesta a tierra en entornos de producción y uso. Normativa.
13	Balance energético y vector de Poynting	Análisis del flujo de energía y balance energético mediante la aplicación del concepto de vector de Poynting en régimen estacionario y variable.
14	Ondas planas	Análisis de la propagación de una onda plana. Cálculo de parámetros asociados y comportamiento de los medios. Vector de Poynting complejo.
15	Efecto Pelicular	Distribución de la densidad de corriente en una barra esbelta. Cálculo de la impedancia interna de la barra por unidad de longitud. Simulación para distintas frecuencias.
16	Compatibilidad electromagnética	Planteo del problema de la compatibilidad electromagnética mediante la investigación, lectura reflexiva y discusión grupal. Evaluación de la efectividad de blindajes a través de experiencias sencillas.

## Evaluación

Se realizarán tres evaluaciones parciales escritas que se tomarán en el transcurso del cuatrimestre. Las mismas constan de dos partes, una de carácter práctico y otra de carácter teórico, ambas acumulativas de conocimientos.

En ellas el alumno deberá resolver problemas en los que aplicará su manejo de conceptos y técnicas de resolución de ejercicios trabajados en clase y deberá responder preguntas de índole teórico.

La parte práctica de cada evaluación del cuatrimestre se calificará de cero (0) a diez (10) y se aprobará con nota no inferior a seis (6).

La parte teórica se calificarán con Aprobado (A), Regular (R) o Insuficiente (I), no pudiendo acumular más de un Regular (R) en el semestre.

Se aprobará la evaluación sólo si práctica y teoría son aprobadas.

Se evaluarán y calificarán con una nota conceptual las experiencias de laboratorio realizadas mediante la presentación y defensa de los respectivos informes.

- La aprobación definitiva de la asignatura se concretará a través de una "prueba final de síntesis", que consistirá en una evaluación escrita conceptual e integradora, a tomarse en la última semana de clases o en las mesas de examen correspondientes al cuatrimestre de cursado.

- Para poder acceder a la prueba final de síntesis es necesario haber aprobado todas las evaluaciones del curso y haber presentado y aprobado el 75% de los trabajos prácticos.

- Se tendrán en total tres (3) evaluaciones sustitutivas: una (1) para cada evaluación.

La sustitución será de evaluación completa (práctica y teoría) si la práctica no alcanza la nota mínima requerida, y sólo de teoría si es aprobada la parte práctica pero la parte teórica es Insuficiente.

- Aquel alumno que no alcanzara la condición de aprobación en alguna de las instancias sustitutivas y/o no

alcanzara el porcentaje requerido de trabajos prácticos aprobados quedará en condición de LIBRE

- Para la prueba final de síntesis, el alumno tendrá una segunda oportunidad en caso de no aprobar en primera instancia, siempre dentro del mismo turno.
- El alumno que habiendo aprobado las tres evaluaciones teórico-prácticas y el 75% de los trabajos prácticos del cuatrimestre no se presentara a realizar la prueba final de síntesis o no aprobara la misma en la segunda instancia quedará en condición INTERMEDIA.

### Distribución de la carga horaria

#### Presenciales

Teóricas		40 Hs.
Prácticas	Experimental de Laboratorio	12 Hs.
	Experimental de Campo	0 Hs.
	Resolución de Problemas y Ejercicios	48 Hs.
	Problemas Abiertos de Ingeniería	12 Hs.
	Actividades de Proyecto y Diseño	0 Hs.
	Práctica Profesional Supervisada	0 Hs.
	<b>Total</b>	<b>112 Hs.</b>
Evaluaciones		10 Hs.
Dedicadas por el alumno fuera de clase		
	Preparación Teórica	24 Hs.
	Preparación Práctica	24 Hs.
	Elaboración y redacción de informes, trabajos, presentaciones, etc.	6 Hs.
	<b>Total</b>	<b>54 Hs.</b>

#### Bibliografía básica

Título	Autores	Editorial	Año	Ejem.
"Electromagnetismo con Aplicaciones"	KRAUS – FLEISCH	Mc Graw-Hill	1999	2
"Elementos de Electromagnetismo"	SADIKU, M	Oxford. México	2003	4
"Fundamentos de Electromagnetismo para Ingeniería"	CHENG, D. K.	Addison-Wesley	1997	3

#### Bibliografía complementaria

Título	Autores	Editorial	Año	Ejem.
"Electromagnetismo".	KRAUS, John D	El Ateneo	1960	3

#### Recursos web y otros recursos

La cátedra cuenta con:

Apuntes de Teoría

Capitulo 0: Revisión

Capitulo 1: Campo Electrostatico



Capítulo 2: Campo Magnético  
Capítulo 3: Campo Electromagnético  
Capítulo 4: Ondas Electromagnéticas  
Capítulo 5: Aplicaciones Tecnológicas  
Riesgo eléctrico y Puesta a tierra  
Compatibilidad Electromagnética

Tomos de práctica

Tomo 0: Revisión  
Tomo 1: Campo Electrostático  
Tomo 2: Campo Magnético  
Tomo 3: Campo Electromagnético  
Tomo 4: Ondas Electromagnéticas

Guías para Trabajos Prácticos

Material extra

Tabla de coordenadas e identidades vectoriales  
Problemas de práctica resueltos

Dispositivos para experiencias de laboratorio:

Anillo de Thompson  
Freno magnético  
Garganta de Helmholtz

Software para la simulación de fenómenos electromagnéticos:

COMSOL Multiphysics 3.5a  
Tutorial para el manejo del software COMSOL Multiphysics 3.5a

Presentaciones de Powerpoint :

Mapeo de Líneas de campo  
Coeficientes de potencial y capacidad  
Energía y esfuerzos en campo magnético  
Parámetros de Líneas de transmisión  
Resistencia eléctrica  
Riesgo eléctrico y Descarga electrostática  
Vínculo entre la Teoría de circuitos y la TEM.  
Ondas Electromagnéticas  
Efecto Pelicular  
Compatibilidad Electromagnética

Sitio Web: Plataforma e-educativa, cátedra de "Electromagnetismo Aplicado".

Nota: En la plataforma se encuentra todo el material digital listado anteriormente disponible para su descarga.

## Cronograma de actividades

Semana	Unidad	Tema	Actividad
1	1	Ecuaciones de Maxwell- Teorema de Earnshaw- Condiciones de contorno en CE Condensadores- Descarga en aislantes- Gradiente disruptivo- Efecto corona	Actividad N° 1 y N° 2
2	1	Mapeo:Ecuación de líneas de campo para cargas alineadas e hilos paralelos Solución de la ecuación de Poisson: problemas de Dirichlet y Von Neumann. Método de las imágenes. Planos, diedros y esferas	Actividad N° 3 y N° 4
3	1	Aplicación del método de las imágenes al cálculo de capacidad de distintos sistemas. Métodos numéricos: Diferencias finitas y elementos finitos. Tutorial Comsol Multiphysics 3.4 Coeficientes de potencial y capacidad. Su aplicación a líneas aéreas	Actividad N° 4 y N° 5
4	1	Uso y aplicación del software Comsol (TP 1y2) Energía y Esfuerzos en el campo electrostático	Actividad N° 6 y N° 7
5	2	Campo magnético creado por corrientes estacionarias Potencial vectorial. Ley de Biot y Ampere Circuitos magnéticos. Condiciones de contorno en CM	Actividad N° 8
6	2	1° Evaluación.  Coeficientes L y M. Flujo concatenado: L de conductores macizos	Actividad N° 9
7	2	Cálculo de L de un conjunto de conductores paralelos. Método de las DMG: cálculo de L en líneas Energía y esfuerzos en campo magnético. Aplicación: cupla en instrumentos y máquinas	Actividad N° 9 y N° 10
8	3	Resistencia eléctrica. Ley de Ohm puntual e integral. Ley general de la inducción. Fem estática y dinámica. Casos críticos de fem	Actividad N° 11
9	3	Dinámica de movimiento en dispositivos de distintas configuraciones físicas . Experiencias de laboratorio: Anillo de Thomson- freno magnético. Riesgo eléctrico. Puesta a tierra. Descarga electrostática	Actividad N° 11 y N° 12
10	3	Campo electromagnético variable. Ecuaciones de onda. Condición de Lorentz Balance energético. Vector de Poynting	Desarrollo y análisis de fundamentos teóricos Actividad N° 13

11	3	2º Evaluación Balance energético complejo. Vector de Poynting complejo	Actividad N° 13
12	3	Vínculo entre la TC y la TEM. Caracterización de un conductor. Ecuaciones de la línea de transmisión. Resistencia de radiación. Incidencia del retardo temporal sobre los campos	Desarrollo y análisis de fundamentos teóricos
13	4	Ondas: Clasificación. Características de la propagación Ondas planas. Ecuaciones de Helmholtz. Soluciones en medios de distintas características. Impedancia intrínseca. Atenuación	Actividad N° 14
14	4	Expresión general de una onda plana. Vector onda. Análisis de la propagación en distintos medios materiales Incidencia normal de una onda plana sobre la interfaz entre dos medios	Actividad N° 14
15	4	Efecto pelicular. Distribución de la densidad de corriente en la sección de una barra esbelta  3º evaluación	Actividad N° 15
16	5	Compatibilidad electromagnética  Prueba Final de Síntesis	Actividad N° 16